

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-134384

(43)Date of publication of application : 10.05.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 7/20

(21)Application number : 2000-321001

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 20.10.2000

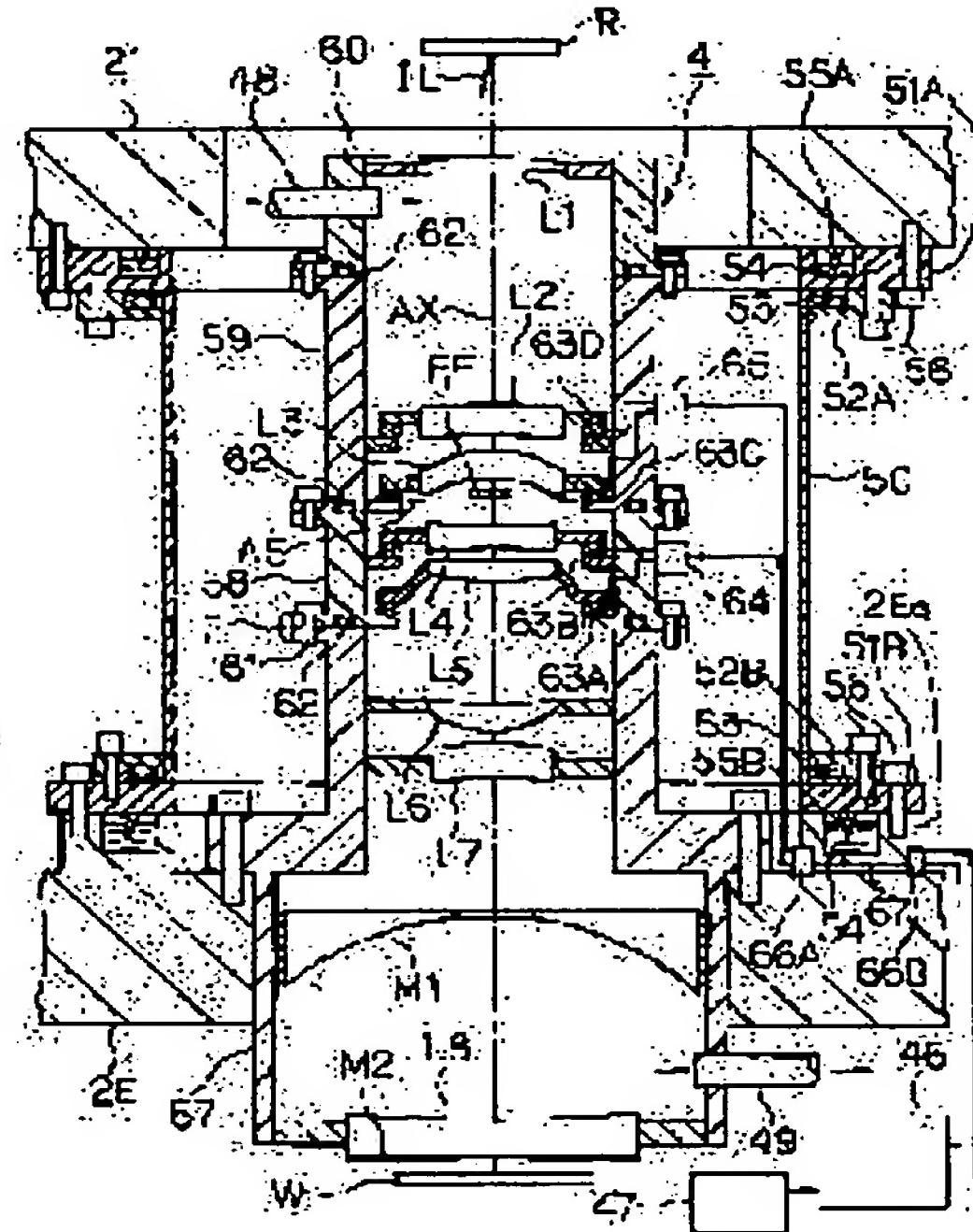
(72)Inventor : HATAZAWA MASATO

## (54) EXPOSURE METHOD AND PROJECTION ALIGNER AND DEVICE- MANUFACTURING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To maintain high purity in a purging gas in an airtight chamber, and at the same time, to reduce the influence due to vibration that is generated, when a wafer stage is driven.

**SOLUTION:** Between the bottom surface of a base member 21 where a reticle stage system is placed, and the upper surface of a frame 2E where a projection optical system 4 is placed, a flexible cylindrical film-like cover 50 is installed, so that the external surface of the projection optical system 4 is covered. The purging gas, transmitted through an exposure beam, is supplied to the inside of the projection optical system 4. The upper-and the lower-end sections of the film-like cover 50 are sealed by a liquid seal mechanism of a system for dipping edge members 55A and 55B into liquid 54 having high viscosity.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光ビームで物体を露光する露光方法において、前記露光ビームの光路上、及び前記物体の搬送経路上の少なくとも一部の空間を外気から実質的に隔離する気密室を配置し、前記気密室内に前記露光ビームを透過する気体を供給し、前記気密室の少なくとも一部を可撓性を有する膜状の材料より形成された被覆部材によって覆い、前記被覆部材の少なくとも一方の端部の隙間を液体を用いて密閉したことを特徴とする露光方法。

【請求項2】 前記気密室は、前記露光ビームの光路上、及び前記物体の搬送経路上の少なくとも一部に隣り合うように2つ配置され、前記被覆部材は、前記隣り合う2つの気密室の間に空間に通じる空間を覆うように配置されたことを特徴とする請求項1に記載の露光方法。

【請求項3】 前記露光ビームは波長200nm以下の紫外光であり、前記液体は、水よりも粘性の大きい液体であり、前記少なくとも一方の端部の隙間を前記液体に板状の部材を浸すことによって密閉したことを特徴とする請求項1、又は2に記載の露光方法。

【請求項4】 前記液体は、窒素雰囲気中60℃で10分間加熱した場合の脱ガスの発生量が $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度以下であることを特徴とする請求項1、2、又は3に記載の露光方法。

【請求項5】 前記物体は、投影系を介して露光されると共に、前記投影系は、内部の光学素子の状態を制御する制御機構を備え、前記被覆部材は、前記制御機構の少なくとも一部を覆うことを特徴とする請求項1～4の何れか一項に記載の露光方法。

【請求項6】 露光ビームで投影系を介して物体を露光する露光方法において、前記投影系の鏡筒を複数の分割鏡筒を継ぎ合わせることによって構成し、前記投影系の内部に前記露光ビームを透過する気体を供給し、前記複数の分割鏡筒の境界部を不純物の発生を抑えたOリングによって実質的に密閉したことを特徴とする露光方法。

【請求項7】 前記露光ビームは波長200nm以下の紫外光であり、前記Oリングは、2次加硫処理が施されたフッ素系の材料より形成されたことを特徴とする請求項6に記載の露光方法。

【請求項8】 露光ビームで物体を露光する露光装置に

おいて、

前記露光ビームの光路上、及び前記物体の搬送経路上の少なくとも一部の空間を外気から実質的に隔離する気密室と、

前記気密室内に前記露光ビームを透過する気体を供給する気体供給機構と、

可撓性を有する膜状の材料より形成されると共に、前記気密室の少なくとも一部を覆うように設けられた被覆部材と、

10 前記被覆部材の端部と該端部の設置面との隙間を液体を用いて密閉する液体シール機構とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項9】 前記気密室は、前記露光ビームの光路上、及び前記物体の搬送経路上の少なくとも一部に隣り合うように2つ配置され、

前記気体供給機構は、前記2つの気密室内の気体の排気、及び前記気密室内への前記露光ビームを透過する気体の給気を行い、

20 前記被覆部材は、前記隣り合う2つの気密室の間に空間に通じる空間を覆うように設けられたことを特徴とする請求項8に記載の露光装置。

【請求項10】 前記液体シール機構は、

前記被覆部材の端部と該端部の設置面との一方の部材に設けられて液体が供給される凹部と、

前記端部と該端部の設置面との他方の部材に、前記凹部の中の液体に浸されるように設けられた板状部材とを備えたことを特徴とする請求項8、又は9に記載の露光装置。

30 【請求項11】 前記液体は、窒素雰囲気中60℃で10分間加熱した場合の脱ガスの発生量が $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度以下であることを特徴とする請求項8、9、又は10に記載の露光装置。

【請求項12】 前記露光ビームは波長200nm以下の紫外光であり、

前記物体を露光する投影系と、

前記投影系の内部の光学素子の状態を制御する制御機構とを更に備え、

前記被覆部材は、前記制御機構の少なくとも一部を覆うことを特徴とする請求項8～11の何れか一項に記載の露光装置。

【請求項13】 前記制御機構は、その少なくとも一部が前記投影系に設けられ、

且つ前記制御機構用の配線類が前記投影系のフランジ部及び前記投影系が載置されるフレーム部の少なくとも一部の内部を通って前記被覆部材で覆われた空間外に導かれることを特徴とする請求項12に記載の露光装置。

【請求項14】 前記露光ビームを前記物体上に投射する投影系を更に備え、前記気体供給機構と前記気密室とを接続する配管の少なくとも一部が、前記投影系のフランジ部及び前記投影系が載置されるフレーム部の少なく

とも一部の内部を通じて前記被覆部材で覆われた空間外に導かれることを特徴とする請求項8～13の何れか一項に記載の露光装置。

【請求項15】 前記被覆部材は、気体に対する遮断性の良好な第1の材料の薄膜を含み、

前記被覆部材の前記第1の材料の薄膜の内面に、脱ガスの少ない第2の材料よりなる薄膜が被着されたことを特徴とする請求項8～14の何れか一項に記載の露光装置。

【請求項16】 前記被覆部材の前記第1の材料の外面に伸縮性の良好な第3の材料よりなる薄膜が被着されたことを特徴とする請求項15に記載の露光装置。

【請求項17】 前記第1の材料は、エチレン・ビニル・アルコール、ポリアミド、ポリイミド、又はポリエステルであり、前記第2の材料は無機物であり、前記第3の材料よりなる薄膜はラミネート加工によって前記第1の材料に被着されるポリエチレン膜であることを特徴とする請求項16に記載の露光装置。

【請求項18】 請求項8～17の何れか一項に記載の露光装置を用いてデバイスパターンをワークピース上に転写する工程を含むデバイス製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば半導体素子、撮像素子（CCD等）、液晶表示素子、プラズマディスプレイ素子、又は薄膜磁気ヘッド等のデバイスを製造するためのリソグラフィ工程で、マスクパターンを投影光学系を介して基板上に転写するための露光方法及び露光装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 近年、マスクとしてのレチクルのパターンを投影光学系を介して基板としての感光材料が塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上に転写するために使用されている投影露光装置においては、集積回路の微細化及び高密度化に伴い、投影光学系の解像度の一層の向上が求められている。投影光学系の解像度は、使用する露光ビームの波長（露光波長）が短くなるほど高くなるため、投影露光装置で使用される露光ビームは年々短波長化してきている。そして、現在主流の露光ビームは、波長248nmのKrFエキシマレーザ光であるが、更に短波長でほぼ真空紫外域のArFエキシマレーザ光（波長193nm）も実用化されつつある。最近では、集積回路の更なる微細化及び高密度化に対応するために、波長157nmのF<sub>2</sub>レーザ光の使用も試みられている。

【0003】 また、投影露光装置においては、露光ビームの照度を増加してスループットを向上することも求められているが、露光ビームを短波長化すると、光路上の気体（雰囲気）による露光ビームの吸収が次第に大きくなってくる。即ち、露光ビームの波長が、波長200n

10

m程度以下の真空紫外域になると、露光ビームの光路の雰囲気中に含まれる酸素、水蒸気、二酸化炭素等の物質（以下、「吸光物質」という。）による露光ビームの吸収が大きくなり、波長が180nm以下になるとその吸収量が特に大きくなる。

【0004】 そこで、露光ビームとして真空紫外光を使用する場合に、露光ビームを十分な照度でウエハの表面に到達させ、実用的なスループットで露光を行うために露光ビームの光路上の大部分の雰囲気を、露光ビームが透過する気体、即ち露光ビームに対する透過率が上記の吸光物質に比べて大きいヘリウムや窒素等の気体（バージガス）で置換する必要がある。

【0005】 このため真空紫外光を露光ビームとして使用するこれからの露光装置は、レチクルステージ系やウエハステージ系等を気密性の高いチャンバ等にそれぞれ収納し、また、投影光学系内部の各レンズ間の空間を気密性の高いレンズ室とし、それらの内部を露光ビームが透過する気体で置換することが望ましい。また、レチクルステージ系と投影光学系との間の空間等に関しては、金属等の比較的高剛性のベローズ機構を設置することにより密封することが検討されている。

##### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上記の如く今後開発される露光装置では、露光ビームの光路上の雰囲気を露光ビームが透過する気体で置換するために、レチクルステージ系、ウエハステージ系、及び投影光学系の内部の各レンズを気密ユニット内に収納し、隣接する気密ユニット間の空間を金属等のベローズ機構により密封することが検討されている。

30

【0007】 しかしながら、気密ユニット間に設置されるベローズ機構が金属製で剛性が高い場合には、ウエハステージ系やレチクルステージ系を駆動した際に発生する振動、及びそれらのステージ系の重心の移動（偏荷重）による気密ユニットの変形等が、ベローズ機構を介して投影光学系に伝達して、投影光学系の結像特性が悪化する恐れがあった。また、それらのステージ系から発生する振動や偏荷重の影響が、レーザ干渉計やアライメント装置等に伝わり、これらの測定精度が悪化する恐れもあった。

40

【0008】 また、例えば投影光学系に結像特性の制御機構が設けられているような場合には、必要に応じてその制御機構のメンテナンスを行う必要がある。この際に、その投影光学系の外面が例えば所定の密閉機構で覆われており、その密閉機構の取り外しが困難である場合には、メンテナンス作業の時間が長くなり、ひいては投影露光装置の稼働効率が低下するという不都合がある。

50

【0009】 本発明は斯かる点に鑑み、露光光の光路に高純度のバージガスを供給できると共に、ステージ系等を駆動する際に発生する振動の影響を低減し、高精度な露光を行うことができる露光方法を提供することを第1

の目的とする。また、本発明は、露光光の光路に高純度のパージガスを供給できると共に、投影光学系等のメンテナンスを容易に行うことができる露光方法を提供することを第2の目的とする。

【0010】また、本発明は、そのような露光方法を実施できる露光装置、及びそのような露光方法を用いて高精度にデバイスを製造できるデバイス製造方法を提供することをも目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の露光方法は、露光ビームで物体(R, W)を露光する露光方法において、その露光ビームの光路上、及びその物体の搬送経路上の少なくとも一部の空間を外気から実質的に隔離する気密室(4)を配置し、その気密室内にその露光ビームを透過する気体を供給し、その気密室の少なくとも一部を可撓性を有する膜状の材料より形成された被覆部材(50)によって覆い、その被覆部材の少なくとも一方の端部の隙間を液体(54)を用いて密閉したものである。

【0012】斯かる本発明によれば、その気密室の外側がその被覆部材によって覆われているため、その被覆部材の内部にもその露光ビームを透過する気体(例えばパージガス)を供給することによって、その気密室内でのその気体の純度が高く維持される。従って、露光ビームの照度が高く維持され、露光工程のスループットが高くなる。この際に、その気密室がその物体の搬送経路上に設けられても、その搬送経路の空間は、その露光ビームの光路の空間に連通しているため、その露光ビームの光路上でその気体の純度が高く維持される。

【0013】また、その被覆部材は、可撓性を有する膜状の材料から形成されているため、ステージ系等で発生する振動がその被覆部材を通じて他の部材に伝わることが防止される。更に、その被覆部材の端部の隙間は液体を用いて密閉されているため、例えばその端部をその液体から離れる方向に移動するのみで、容易にその被覆部材の内側の気密室に触れることができるようになる。従って、その気密室が例えば投影系である場合には、その投影系のメンテナンスを容易に行うことができる。

【0014】この場合、一例としてその気密室は、その露光ビームの光路上、及びその物体の搬送経路上の少なくとも一部に隣り合うように2つ(4, 8)配置され、その被覆部材は、その隣り合う2つの気密室の間の空間に通じる空間を覆うように配置される。このように隣り合う2つの気密室の間の空間をその被覆部材によって密閉することで、その露光ビームを透過する気体の純度を高く維持でき、その露光ビームの光量を高く維持できる。更に、一方の気密室内で振動が生じても、その振動が他方の気密室に伝達しない。従って、例えばその物体を移動することにより振動が発生しても、その振動が投影光学系等に伝達して結像特性が悪化するようなことが

なく、高精度な露光を行うことができる。

【0015】この場合、一例としてその露光ビームは波長200nm以下の紫外光であり、その液体は、水よりも粘性の高い液体であり、その被覆部材の少なくとも一方の端部(51A, 51B)の隙間がその液体(54)に板状の部材(55A, 55B)を浸すことによって密閉される。その液体の粘性が高いときには、その被覆部材の内側と外側との気圧差が或る程度大きくなても、その隙間から外気が混入することがない。また、その板

10 状の部材とその液体とを相対移動するのみで、極めて容易にその被覆部材の端部を外すことができる。

【0016】更に、その液体は、粘性が高いことに加えて脱ガス(アウトガス: 例えば炭化物などの有機物質など)の発生が抑制された物質であることが望ましい。これによって、容易に気密性を高めることと、気密室内部の露光ビームを透過する気体の純度を高く維持すること等とが両立できる。また、その物体は、投影系(4)を介して露光されると共に、その投影系は、内部の光学素子の状態を制御する制御機構(63A~63D, 64, 65)を備えている場合に、その被覆部材は、その制御機構の少なくとも一部を覆うことが望ましい。その被覆部材は極めて容易に取り外すことができため、その制御機構のメンテナンスを効率的に行うことができる。

20 【0017】次に、本発明による第2の露光方法は、露光ビームで投影系(4)を介して物体(R, W)を露光する露光方法において、その投影系の鏡筒を複数の分割鏡筒(57, 58, 59)を継ぎ合わせることによって構成し、その投影系の内部にその露光ビームを透過する気体を供給し、その複数の分割鏡筒の境界部を不純物の発生を抑えたOリング(62)によって実質的に密閉したものである。

30 【0018】斯かる本発明によれば、それらの分割鏡筒を分離することによって、その投影系のメンテナンスを容易に行うことができる。更に、露光時にはそれらの分割鏡筒の境界部にはOリング(オーリング)が装着されるため、外気が投影系の内部に混入しにくくなる。更に、そのOリングは、不純物の発生を抑えた材料より形成されているため、その投影系の内部でその露光ビームを透過する気体の純度が高く維持され、高いスループットが得られる。

40 【0019】この場合、一例としてその露光ビームは波長200nm以下の紫外光であり、そのOリングは、2次加硫処理が施されたフッ素系の材料より形成されることが望ましい。2次加硫処理によってそのOリングの材料から主に不純物としての酸素が除去される。次に、本発明による露光装置は、露光ビームで物体(R, W)を露光する露光装置において、その露光ビームの光路上、及びその物体の搬送経路上の少なくとも一部の空間を外気から実質的に隔離する気密室(4)と、その気密室内にその露光ビームを透過する気体を供給する気体供給機

構(13)と、可撓性を有する膜状の材料より形成されると共に、その気密室の少なくとも一部を覆うように設けられた被覆部材(50)と、その被覆部材の端部との端部の設置面との隙間を液体を用いて密閉する液体シール機構(2Ea, 51B, 54, 55B)とを有するものである。斯かる露光装置によって、本発明の露光方法を実施できる。

【0020】この場合、一例として、その気密室は、その露光ビームの光路上、及びその物体の搬送経路上の少なくとも一部に隣り合うように2つ(4, 8)配置され、その気体供給機構は、その2つの気密室内の気体の排気、及びその気密室内へのその露光ビームを透過する気体の給気を行い、その被覆部材は、その隣り合う2つの気密室の間の空間に通じる空間を覆うように設けられるものである。これによって、その2つの気密室内、及びこれらの間の空間内でその露光ビームに対する透過率が高く維持される。

【0021】また、その液体シール機構は、一例としてその被覆部材の端部と該端部の設置面との一方の部材に設けられて液体が供給される凹部と、その端部とこの端部の設置面との他方の部材に、その凹部の中の液体(54)に浸されるように設けられた板状部材(55B)とを備えたものである。また、一例としてその露光ビームは波長200nm以下の紫外光であり、その物体を露光する投影系(4)と、その投影系の内部の光学素子の状態を制御する制御機構(63A~63D, 64, 65)とを更に備えている場合、その被覆部材は、その制御機構の少なくとも一部を覆うことが望ましい。その被覆部材は着脱が容易であるため、その制御機構のメンテナンスが容易である。

【0022】更に、この露光装置の場合にも、その液体は粘性が高いことに加えて、脱ガス(アウトガス: 例えば炭化物などの有機物質など)の発生が抑制された物質であることが望ましい。この場合、その被覆部材は、気体に対する遮断性の良好な第1の材料(エチレン・ビニル・アルコール、ポリアミド、ポリイミド、又はポリエステル等)の薄膜を含むことが望ましい。これによつて、その気密室の内側の露光ビームを透過する気体の純度が高く維持される。

【0023】また、その被覆部材のその第1の材料の薄膜の内面に、脱ガスの少ない第2の材料(例えば金属よりなる無機物等)よりなる薄膜が被着されることが望ましい。その第1の材料から発生する脱ガスがその第2の材料で遮られるため、その気密室内の露光ビームを透過する気体が高純度に維持される。また、その被覆部材のその第1の材料の外面に伸縮性の良好な第3の材料(ポリエチレン膜等)よりなる薄膜をラミネート加工によつて被着し、その被覆部材を円筒状に巻くと共に、その被覆部材の両端部のその第3の材料同士を溶着することによつて、その円筒状の形状の開放端を閉じるようにして

もよい。その第1の材料はガス・バリヤ性に優れるが、伸縮性があまりよくない場合があるが、この伸縮性がその第3の材料によって補われる。

【0024】次に、本発明のデバイス製造方法は、本発明の露光方法、又は露光装置を用いてデバイスパターン(R)をワークピース(W)上に転写する工程を含むものである。本発明によって振動の影響が軽減されると共に、露光ビームの照度が高く維持されるため、各種デバイスを高精度に、且つ高いスループットで量産することができる。

#### 【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例につき図面を参照して説明する。本例は、露光ビームとして真空紫外光を使用するステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置で露光を行う場合に本発明を適用したものである。図1は本例の投影露光装置を示す概略構成図であり、この図1において、本例の投影露光装置は、露光光源として、F<sub>2</sub>レーザ光源(波長157nm)を使用しているが、それ以外のArFエキシマーレーザ光源(波長193nm)、Kr<sub>2</sub>レーザ光源(波長146nm)、YAGレーザの高調波発生装置、半導体レーザの高調波発生装置等の真空紫外光(本例では波長200nm以下の光)を発生する光源も使用することができる。但し、露光光源3としてKrFエキシマーレーザ光源(波長248nm)や水銀ランプ(i線等)等を使用する場合にも、露光ビームの透過率を特に高めたい場合には本発明が適用できる。

【0026】本例のように露光ビームとして真空紫外光を使用する場合、真空紫外光は、通常の大気中に存在する酸素、水蒸気、炭化水素系ガス(二酸化炭素等)、有機物、及びハロゲン化物等の吸光物質によって大きく吸収されるため、露光ビームの減衰を防止するためには、これらの吸光物質(不純物)の気体の濃度を10~100ppm程度以下に抑える必要がある。そこで本例では、その露光ビームの光路上の気体を、露光ビームが透過する気体、即ち窒素(N<sub>2</sub>)ガス、又はヘリウム(He)、ネオン(Ne)、アルゴン(Ar)、クリプトン(Kr)、キセノン(Xe)、若しくはラドン(Rn)よりなる希ガス等の露光ビームに対して高透過率で化学的に安定であると共に、吸光物質が高度に除去された気体(以下、「バージガス」と呼ぶ。)で置換する。

【0027】なお、窒素ガスは、真空紫外域中でも波長150nm程度までは露光ビームが透過する気体(バージガス)として使用することができるが、波長が150nm程度以下の光に対してはほぼ吸光物質として作用するようになる。そこで、波長が150nm程度以下の露光ビームに対するバージガスとしては希ガスを使用することが望ましい。また、希ガスの中では屈折率の安定性、及び高い熱伝導率等の観点より、ヘリウムガスが望ましいが、ヘリウムは高価であるため、運転コスト等を

重視する場合には他の希ガスを使用してもよい。また、バージガスとしては、単一の種類の気体を供給するだけでなく、例えば窒素とヘリウムとを所定比で混合した気体のような混合気体を供給するようにしてよい。

【0028】そして、本例では屈折率の安定性（結像特性の安定性）、及び高い熱伝導率（高い冷却効果）等を重視して、そのバージガスとしてヘリウムガスを使用するものとする。そのため、例えば本例の投影露光装置が設置されている床の階下の機械室には、投影露光装置及びこれに付属する装置内の複数の気密室に対して高純度のバージガスを供給し、それらの気密室を流れた気体を回収して再利用するための給排気機構13が設置されている。

【0029】以下、本例の投影露光装置の構成につき詳細に説明する。本例の投影露光装置の本体部はベース部材2C上に載置されており、ベース部材2C上に4本又は3本の脚部（コラム）を含むほぼ門型の第1フレーム2Aが設置されている。そして、本例の照明光学系は、露光光源及びオプティカル・インテグレータ（ユニフォマイザ、又はホモジナイザ）等の光学部材から構成され、露光光源を除く光学部材は気密性の高い箱状の第1サブチャンバ3内に収納され、この第1サブチャンバ3は第1フレーム2Aの上部に設置されている。照明光学系の露光光源（不図示）から射出された波長157nmのパルスレーザ光よりなる露光ビーム（露光光）は、マスクとしてのレチクルRのパターン面（下面）のパターン領域を照明する。レチクルRを透過した露光ビームは、投影系としての投影光学系4を介して基板としてのウエハ(wafer)W上に、レチクルRのパターンを投影倍率 $\beta$ （ $\beta$ は1/4, 1/5等）で縮小した像を形成する。ウエハWは例えばシリコン等の半導体又はSOI(silicon on insulator)等の円板状の基板であり、その上面にフォトレジストが塗布されている。本例のレチクルR及びウエハWがそれぞれ本発明の露光対象の物体に対応している。

【0030】投影光学系4としては、図4に示すように直筒型の反射屈折系が使用されているが（詳細後述）、投影光学系4としてはそれ以外の構成の反射屈折系、反射系、又は屈折系等を使用できる。なお、本例のように波長157nmの露光ビームを使用する場合には、照明光学系及び投影光学系4中の屈折部材の材料として高い透過率が得られる材料は、萤石(CaF<sub>2</sub>)、所定の不純物をドープした合成石英、及びフッ化マグネシウム(MgF<sub>2</sub>)等である。以下、投影光学系4の光軸に平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図1の紙面に平行にX軸を、図1の紙面に垂直にY軸を取って説明する。この場合、レチクルR上の照明領域は、X方向に細長いスリット状であり、レチクルR及びウエハWの露光時の走査方向はY方向である。

【0031】先ず、レチクルRはレチクルホルダ7aを

介してレチクルステージ7b上に保持され、レチクルステージ7bは、レチクルベース7c上でリニアモータ方式でY方向（走査方向）に連続移動すると共に、XY平面内でのレチクルRの位置の微調整を行う。レチクルベース7cは、レチクルステージ7bがY方向に移動する際に、ベース部材21上をレチクルステージ7bの移動方向と反対方向に運動量保存則を満たすように移動し、レチクルステージ7bが移動する際の振動の発生を抑制する。また、ベース部材21は、第1フレーム2Aの中間の4箇所（又は3箇所等でも可）の支持板（図1では2箇所のみが現れている）上に防振部材23A, 23Bを介して支持されている。防振部材23A, 23Bは、エアーダンパ（又は油圧式ダンパ等でもよい）とボイスコイルモータ等の電磁式のアクチュエータとを組み合わせた能動型の防振装置である。レチクルホルダ7a、レチクルステージ7b、レチクルベース7c等からレチクルステージ系RSTが構成され、レチクルステージ系RSTは気密性の高い箱状の第2サブチャンバ8（レチクル室）内に収納されている。

【0032】また、ベース部材2Cの上面の第1コラム2Aの内側には、4箇所（又は3箇所等でも可）の防振部材24A, 24B（図1では2箇所のみが現れている）を介してほぼ門型の第2フレーム2Eが設置され、この第2フレーム2Eの上板の中央部のU字型の開口に投影光学系4が載置されている。防振部材24A, 24Bは防振部材23A, 23Bと同様の能動型の防振装置である。そして、第2フレーム2Eの上板に干渉計支持部材28が設置され、干渉計支持部材28の上端部は、ベース部材21に設けられた開口を通して第2サブチャンバ8内に突き出しており、その上端部にレーザ干渉計（レチクル干渉計）が設置されている。ベース部材21の開口と、干渉計支持部材28との隙間は、例えば化学的にクリーンにする処理（表面にフッ素系の樹脂をコーティングする処理等）が施された弾性を有する樹脂によって封止されている。

【0033】そのレチクル干渉計とレチクルステージ7b上に設置された移動鏡19とによってレチクルステージ7b（レチクルR）のX方向、Y方向の位置、及び必要に応じてX軸、Y軸、Z軸の回りの回転角が計測され、これらの計測値に基づいて不図示のステージ制御系によってレチクルステージ7bの位置及び移動速度が制御される。また、ベース部材21上には、レチクルアライメント系の支持フレーム12が設置され、この支持フレーム12のレチクルステージ7bの上方にレチクルアライメント顕微鏡（不図示）が設置されている。

【0034】一方、ウエハWは不図示のウエハホルダを介して試料台5a上に保持され、試料台5aはXYステージ5b上に固定され、XYステージ5bはウエハベース22上で試料台5a（ウエハW）をY方向に連続移動すると共に、必要に応じて試料台5aをX方向、Y方向

にステップ移動する。試料台5aは、ウエハWのフォーカス位置（Z方向の位置）、並びにX軸及びY軸の回りの傾斜角を制御する。XYステージ5bは、不図示の例えればリニアモータ方式の駆動部によって運動量保存則を満たすように駆動されており、XYステージ5bを駆動する際の振動の発生が抑制されている。また、ウエハベース22は、4箇所（又は3箇所等でも可）の防振部材25A、25B（図1では2箇所のみが現れている）を介してベース部材2C上に載置され、防振部材25A、25Bは防振部材23A、23Bと同様の能動型の防振装置である。試料台5a、XYステージ5b等からウエハステージ系WSTが構成され、ウエハステージ系WSTは気密性の高い箱状の第3サブチャンバ6（ウエハ室）内に収納されている。

【0035】また、第2フレーム2Eに固定された干渉計支持部材28の下端部が第3サブチャンバ6内に差し込まれ、その下端部にレーザ干渉計よりなるウエハ干渉計が固定され、試料台5aの側面は移動鏡に加工されている。そして、そのウエハ干渉計及び試料台5aの移動鏡によって試料台5a（ウエハW）のX方向、Y方向の位置、及びX軸、Y軸、Z軸の回りの回転角が計測され、これらの計測値に基づいて不図示のステージ制御系によってXYステージ5bの動作が制御されている。また、例えば斜入射方式で多点の光学式のオートフォーカスセンサ（AFセンサ）10が第2フレーム2Eの上板の底面に固定されており、このオートフォーカスセンサ10によって計測されるウエハW上の複数の計測点でのフォーカス位置の情報に基づいて、試料台5aはオートフォーカス方式及びオートレベリング方式でウエハWのフォーカス位置、並びにX軸、及びY軸の回りの傾斜角を制御する。これによって、露光中継続してウエハWの表面が投影光学系4の像面に合焦される。

【0036】また、第2フレーム2Eには、ウエハWのアライメントを行うためのオフ・アクシス方式で結像方式のウエハアライメント系14も固定されている。更に、第1フレーム2Aの側面方向には、レチクルステージ系RSTとの間でレチクルRの受け渡しを行うレチクルローダ系RRD、及びウエハステージ系WSTとの間でウエハWの受け渡しを行うウエハローダ系WRDが収納されたインターフェース・コラム17が設置されている。このインターフェース・コラム17中のレチクルの受け渡しを行う搬送口、及びウエハの受け渡しを行う搬送口には、レチクルステージ系RST及びウエハステージ系WSTの外気への開放を最小限に抑えるため、ゲートバルブ15及び16がそれぞれ設けられている。

【0037】そして走査露光時には、ウエハW上の一つのショット領域への露光が終わると、XYステージ5bのステップ移動によって次のショット領域が走査開始位置に移動した後、レチクルステージ7b及びウエハ側のXYステージ5bを投影光学系4の投影倍率 $\beta$ を速度比

としてY方向に同期走査する、即ちレチクルRとウエハW上の当該ショット領域との結像関係を保った状態でそれらを走査するという動作がステップ・アンド・スキャン方式で繰り返される。これによって、ウエハW上の各ショット領域に順次レチクルRのパターン像が逐次転写される。

【0038】さて、本例の投影露光装置には、露光ビームの光路を含む空間内の気体を露光ビームが透過する気体（バージガス）で置換する（バージする）ための給排气機構13が設けられている。そして、照明光学系の一部、レチクルステージ系RST、及びウエハステージ系WSTは、それぞれ気密室としての気密性の高いサブチャンバ3、8、6内に収納されており、投影光学系4内の最上部の光学部材と最下部の光学部材との間の空間が気密性の高い空間（これも気密室に対応する）とされている。そして、サブチャンバ3、8、6の内部には、給排气機構13によって高純度のバージガスが供給されており、投影光学系4内の気密性の高い空間にも高純度のバージガスが供給されている（詳細後述）。

【0039】更に、第1サブチャンバ3と第2サブチャンバ8の上部との境界部、ベース部材21の底面と第2フレーム2Eの上面との境界部（即ち、第2サブチャンバ8と投影光学系4との間の空間に通じる空間）、及び第2フレーム2Eの上板の底面と第3サブチャンバ6の上面との境界部には、それぞれ内部の空間を外部から隔離するように、高い可撓性を有する円筒状のフィルム状カバー1A、50、及び1Dが設けられている。また、第2サブチャンバ8及び第3サブチャンバ6とインターフェース・コラム17のゲートバルブ15及び16との間にも、それぞれ可撓性を有する円筒状のフィルム状カバー18A、18Bが設けられている。なお、図1では、干渉計支持部材28はフィルム状カバー50の外側に配置されているが、干渉計支持部材28の周囲の隙間からの外気の混入を防止するためには、干渉計支持部材28をフィルム状カバー50の内側に配置することが望ましい。

【0040】フィルム状カバー1A、1D、50、18A、18Bが本発明の可撓性を有する膜状の被覆部材に対応しており、フィルム状カバーは軟性シールド部材、又は極めて低い剛性を有するペローズとも呼ぶことができる。これらのフィルム状カバー1A、1D、50、18A、18Bによってこれらの境界部が実質的に密閉されることになる。このため、露光ビームの光路上への外部からの吸光物質を含む気体の混入は殆ど無く、露光ビームの減衰量は極めて低く抑えられる。

【0041】そして、本例の給排气機構13は、バージガスを回収する回収部、高純度のバージガスを蓄積する蓄積部、及びバージガスを温度調整して外部に供給する給気部等から構成されており、高純度のバージガスを給

気管26を介してサブチャンバ3、8、6及び投影光学系4内にそれぞれ大気圧よりも僅かに高い程度の気圧(陽圧)で供給し、サブチャンバ3、8、6及び投影光学系4の内部を流れた不純物を含んだバージガスを、バルブV付きの排気管27を介してそれぞれ回収する。この際に、給気管26と投影光学系4の内部とは分岐した給気管48で連結され、投影光学系4の内部と排気管27とは分岐した排気管49で連結されている。また、本例では、フィルム状カバー50の内部の空間にも、サブチャンバ12内に供給されたバージガスの一部が満たされている。

【0042】更に、給排気機構13は、それらの回収された気体からバージガスを分離して、分離したバージガスを高圧に圧縮するか、又は液化して一時的に蓄積する。一例として、サブチャンバ3、8、6及び投影光学系4の内部には吸光物質としての例えば酸素の濃度を計測する不純物センサが設置されており、これらの不純物センサで検出される吸光物質の濃度が所定の許容値を超えた場合に、排気管27を介しての気体の回収、及び給気管26を介しての高純度のバージガスの補充が、ほぼ一定の気圧(僅かに陽圧)の気体を流すガスフロー制御方式で行われる。このため、極めて可撓性の良いフィルム状カバー1A～18B、50が使用されていても、これらのフィルム状カバー1A～18B、50に過大な力が作用することは無い。

【0043】なお、この場合に、例えば有機系の物質に対する濃度の許容値を、2酸化炭素等の濃度の許容値よりも低くするなど、吸光物質の種類に応じて濃度の許容値を変えるようにしてもよい。また、インタフェース・コラム17内のレチクルローダ系RRD、及びウエハローダ系WRDを収納する部分も気密化して、これらの空間にもバージガスを供給するようにしてもよい。この場合、上記のようにサブチャンバ3～投影光学系4から回収された気体を処理したバージガスをインタフェース・コラム17内に供給して、サブチャンバ3～投影光学系4にはバージガスの蓄積部に蓄積されている未使用的高純度のバージガスを供給するようにしてもよい。

【0044】また、給排気機構13はバージガスを供給する際に、供給するバージガスの温度、湿度、気圧等を調整すると共に、HEPAフィルタ(high efficiency particulate air-filter)等の除塵フィルタや微量な有機物質等を含む上記の吸光物質を除去するためのケミカルフィルタ等のフィルタによりそのバージガスから上記の吸光物質等の除去を行う。ここで除去される物質には、投影露光装置に使用されている光学素子に付着してその疊りの原因となる物質、あるいは露光ビームの光路内に浮遊して照明光学系や投影光学系4の透過率(照度)若しくは照度分布等を変動させる物質、又はウエハW(フォトレジスト)の表面に付着して現像処理後のパターン像を変形させる物質等も含まれている。また、フィルタ

としては、活性炭フィルタ(例えば、ニッタ株式会社製のギガソープ(商品名))、又はゼオライトフィルタ、あるいはこれらを組み合わせたフィルタが使用できる。これにより、シロキサン(siloxane: Si-O鎖が軸となる物質)又はシラザン(silazane: Si-N鎖が軸となる物質)等のシリコン系有機物が除去される。

【0045】以上のように、露光ビームの光路上の雰囲気を高純度のバージガスで置換することによって、露光ビームに対する透過率が高く維持されて、ウエハWに入射する露光ビームの照度が高くなり、ウエハWの各ショット領域に対する露光時間が短縮でき、スループットが向上する。また、本例では、干渉計支持部材28に設けられたレチクル干渉計、ウエハ干渉計、及びオートフォーカスセンサ10等の光学測定機器の計測ビームの光路がバージガスの雰囲気内に設置されている。これによって、これらの光学測定機器の計測ビームの光路上の気体の揺らぎによる測定誤差の発生を抑えることができる。

【0046】また、露光中にバージガスの圧力変動が生じると、光路長が変化することによって例えばウエハWのデフォーカスが生じる恐れがある。そこで、そのデフォーカス量を許容範囲内に収めるためには、バージガスの圧力変動をレチクルステージ系RSTが収納されているサブチャンバ8(レチクル室)内では25mmHg程度以下、投影光学系4内は2mmHg程度以下、ウエハステージ系WSTが収納されているサブチャンバ6(ウエハ室)内では22mmHg程度以下に抑えることが望ましい。このため、サブチャンバ8、投影光学系4、及びサブチャンバ6には給排気機構13から互いに独立に給気管、及び排気管を接続し、サブチャンバ8、投影光学系4、及びサブチャンバ6内のバージガスの給排気を互いに独立に制御してもよい。

【0047】次に、本例のフィルム状カバー1A、50、1D、18A、18Bについて詳細に説明する。以下では代表的にフィルム状カバー1A及び50の構成につき説明する。図2は、本例のフィルム状カバー1Aを取り付けた状態を示し、この図2において、フィルム状カバー1Aの両端にはそれぞれアルミニウム等の金属、又はセラミックス等からなるフランジ30、31が設けられており、フィルム状カバー1Aはフランジ30、31を介して図1の第1サブチャンバ3の下端と第2サブチャンバ8の上端との間を覆うように取り付けられ、フランジ30、31は設置面にねじ止めされている。この際に、気密性を高めるために、フランジ30、31と設置面との間にOリング(本例では後述する二次加硫処理が施されたフッ素系の材料より形成されている。)が装着されている。また、フィルム状カバー1Aをフランジ30、31に取り付けるために磁性流体シールを用いてもよいし、フィルム状カバー1Aを直接にコラム、フレーム、又はサブチャンバなどに取り付けてもよい。

【0048】図3は、図1のフィルム状カバー1Aを厚

さ方向に拡大した横断面図を示し、この図3において、本例のフィルム状カバー1Aは、エチレン・ビニル・アルコール樹脂(EVOH樹脂)よりなるフィルム素材1cの外面に接着材を介してポリエチレン(-(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-)よりなる伸縮性の良好な保護膜1dを被着し、更にそのフィルム素材1cの内面にアルミニウム(A1)よりなる安定化膜1bを蒸着等によってコーティングして形成されている。エチレン・ビニル・アルコール樹脂(EVOH樹脂)は気体に対する遮断性(ガスバリヤ性)に極めて優れており、EVOH樹脂としては、例えば株式会社クラレの「エバール(EVAL)(クラレの商標又は登録商標)」等を使用することができる。また、安定化膜1bは脱ガスの発生しない、又は脱ガスの極めて少ない物質より形成されることが望ましい。

【0049】即ち、フィルム状カバー1Aは、基本的に伸縮性の良好な保護膜1d(第3の材料)と、ガスバリヤ性の良好なフィルム素材1c(第1の材料)とをラミネート加工(多層加工)して、その内面に脱ガスの極めて少ない安定化膜1b(第2の材料)を被着したものであり、そのフィルム状カバー1Aの全体の厚さは約0.1mm程度となっている。また、そのフィルム状カバー1Aを接合部Bによって円筒状に閉じた状態で完全に密閉するために、その接合部Bを外側から覆うように保護膜1dと同じ材料の伸縮性の良好な保護膜1eが接着剤を介して被着されている。また、フィルム状カバー50の断面の構造も図3のフィルム状カバー1Aと同じである。

【0050】この場合、保護膜1dは伸縮性が良好であるが、ガスバリヤ性に劣ると共に、脱ガスが発生し易い上に、内面に金属等が被着しにくいという欠点がある。そこで、本例では、その保護膜1dの内面に、ガスバリヤ性に優れて外気の流入、及びバージガスの流出を防止できると共に、金属等が被着し易いフィルム素材1cを形成し、その内面に安定化膜1bを形成している。この安定化膜1bによって、フィルム状カバー1Aを形成する際に使用される接着材、保護膜1d、及びヒートシール等から発生する脱ガスが、フィルム状カバー1Aの内側、即ち露光ビームの光路上に侵入することを防止している。また、内面に安定化膜1bをコーティングすることによって、気体に対する遮断性が更に向かっている。

【0051】以上のように、本例のフィルム状カバー1Aは、フィルム素材1c等の大きい可撓性を有し、即ち剛性が極めて小さいと共にガスバリヤ性に優れた材料により形成されており、金属製のベローズ機構を使用する場合に比べて、同程度のガスバリヤ性を得た上で、図1のサブチャンバ3とサブチャンバ8(レチクル室)との間で相互に振動が殆ど伝達しないようになっている。また、他のフィルム状カバー1D, 18A, 18Bもフィルム状カバー1Aと同様に形成されており、隣接する気密室間で相互に振動が伝達しにくい構成となっている。

なお、図3に示したフィルム状カバー(被覆部材)の構成は一例であり、要はガスバリヤ性が高く、且つ少なくとも内面からの脱ガスが極めて少ない可撓性を有するカバーであれば、その構造や材料の種類は任意で構わない。

【0052】従って、図1のレチクルステージ系RSTやウエハステージ系WSTから発生する振動や偏荷重の影響が投影光学系4や第2フレーム2E等に伝達することはほとんどなく、ウエハステージ系WST等から発生する振動や偏荷重による投影光学系4の結像特性の悪化を抑えることができ、高精度な露光を行うことができる。また、第2フレーム2Eに取り付けられた干渉計支持部材28のレーザ干渉計、支持フレーム12に取り付けられたレチクルアライメント顕微鏡、ウエハアライメント系14、及びオートフォーカスセンサ10等の測定誤差の発生を抑えることができる。

【0053】また本例のように、レチクルステージ系RST(第2サブチャンバ8)及びウエハステージ系WST(第3サブチャンバ6)とインターフェース・コラム17との間にそれぞれフィルム状カバー18A, 18Bを設置することによって、インターフェース・コラム17内のレチクルローダ系RRD及びウエハローダ系WRDから発生する振動が投影露光装置本体に伝達することを防止できる。また、ゲートバルブ15, 16をインターフェース・コラム17側に設置することによって、ゲートバルブ15, 16の開閉時に発生する振動の影響を抑えることができる。

【0054】次に、本例の投影光学系4には結像特性を制御するための結像特性制御機構が設けられている。この結像特性制御機構のメンテナンスを行う場合には、フィルム状カバー50を容易に取り外せるようにしておくことが望ましい。そこで、フィルム状カバー50の上端部とベース部材21との連結機構、及びフィルム状カバー50の下端部と第2フレーム2Eとの連結機構としては、図4に示すように着脱が容易な液体シール機構が使用されている。

【0055】図4は、図1の投影光学系4、及びこの周囲の機構を示す断面図であり、この図4において、本例の投影光学系4は、レチクルRのパターンの一次像(中間像)を形成するための第1結像光学系と、一次像からの光に基づいてレチクルパターンの二次像を縮小倍率で感光性基板としてのウエハW上に形成するための第2結像光学系とから構成されている。第1結像光学系は、レチクル側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群と、開口絞りASと、正の屈折力を有する第2レンズ群とを配置して構成されている。第1レンズ群は、レチクル側から順に、レチクル側に非球面形状の凸面を向けた正メニスカス形状のレンズL1と、レチクル側に非球面形状の凸面を向けた正メニスカス形状のレンズL2と、ウエハ側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカス形状のレ

ンズL 3 とから構成されている。そして、開口絞りASの配置面の近傍に、0次光を遮光するための円形の遮光部材PFが配置されている。

【0056】また、第2レンズ群は、レチクル側から順に、レチクル側の面が非球面形状に形成された両凹形状のレンズL 4 と、レチクル側の面が非球面形状に形成された両凸形状のレンズL 5 と、ウエハ側に非球面形状の凸面を向けた正メニスカス形状のレンズL 6 と、ウエハ側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカス形状のレンズL 7 とから構成されている。

【0057】一方、第2結像光学系は、レチクル側から順にウエハ側に凹面を向けた表面反射面を有し且つ中央に開口部を有する主鏡M 1 と、レンズ成分L 8 と、そのレンズ成分L 8 のウエハ側の面上に設けられ且つ中央に開口部を有する反射面を備えた副鏡M 2 とから構成されている。即ち、別の観点によれば、副鏡M 2 とレンズ成分L 8 とは裏面反射鏡を構成し、レンズ成分L 8 は裏面反射鏡の屈折部を構成している。この場合、投影光学系4を構成する全ての光学要素(屈折部材、反射部材)は单一の光軸AXに沿って配置されている。また、主鏡M 1 は一次像の形成位置の近傍に配置され、副鏡M 2 はウエハWに近接して配置されている。

【0058】こうして本例においては、レチクルRのパターンからの光が、第1結像光学系を介して、レチクルパターンの一次像(中間像)を形成し、一次像からの光は、主鏡M 1 の中央の開口部及びレンズ成分L 8 を介して副鏡M 2 で反射される。そして、副鏡M 2 で反射された光は、レンズ成分L 8 を介して主鏡M 1 で反射され、この反射光は、レンズ成分L 8 及び副鏡M 2 の中央の開口部を介してウエハWの表面にレチクルパターンの二次像を縮小倍率で形成する。図2の例では、第1結像光学系の結像倍率 $\beta_1$ は約0.62、第2結像光学系の結像倍率 $\beta_2$ は約0.4であり、レチクルRからウエハWに対する投影倍率 $\beta$ は0.25(1/4倍)となっている。

【0059】本例において、投影光学系4を構成する全ての屈折光学部材(レンズ成分)には萤石(CaF<sub>2</sub>の結晶)を使用している。また、露光ビームとしてのF<sub>2</sub>レーザ光の発振中心波長は157.6nmであり、波長幅が157.6nm±10pmの光に対して色収差が補正されていると共に、球面収差、非点収差、及び歪曲収差などの諸収差も良好に補正されている。なお、図4の投影光学系4の詳細なレンズデータは、例えば国際公開(WO)00/39623号に開示されている。更に、反射屈折系としては、特願平11-66769号に開示されているような光学系を使用することもできる。本例の投影光学系4は、反射屈折光学系を構成する全ての光学要素が单一の光軸に沿って配置されているため、反射部材を用いて色収差等を低減できる上に、従来の直筒型の屈折系の延長線上の技術により鏡筒設計及び製造を行うことが可

能になり、製造の困難性を伴うことなく高精度化を図ることができる。

【0060】そして、本例の投影光学系4の鏡筒は、4個の分割鏡筒57～60を光軸AXに沿って密着させて積み重ねることによって構成されている。即ち、第1の分割鏡筒57の内部にそれぞれレンズ枠を介してレンズL 6 、レンズL 7 、主鏡M 1 、及び副鏡M 2 が保持され、分割鏡筒57は、第2フレーム2EのU字型の開口にフランジ部を介して載置され、ボルトで固定されている。また、分割鏡筒57の上にOリング62を介して第2の分割鏡筒58が載置され、分割鏡筒57及び58

は、1対のフランジ部Fの例えば3箇所を光軸方向にボルトで締め付けることによって、互いに密着した状態で固定されている。これは、他の分割鏡筒の連結でも同様である。なお、図4の投影光学系4の断面図は、光軸AXを中心として120°の開き角における縦断面図を示している。そして、分割鏡筒58内にそれぞれ3箇所の光軸方向に伸縮自在の駆動素子63A及び63Bを介してレンズL 5 及びL 4 が保持されている。

【0061】更に、分割鏡筒58上にOリング62を介して第3の分割鏡筒59が載置され、分割鏡筒59内にそれぞれ3箇所の光軸方向に伸縮自在の駆動素子63C及び63Dを介してレンズL 3 及びL 2 が保持されている。そして、分割鏡筒59上にOリング62を介して第4の分割鏡筒60が載置され、分割鏡筒60内の上端部にレンズ枠を介してレンズL 1 が保持されている。駆動素子63A～63Dとしては、電動式のマイクロメータ、圧電素子(ピエゾ素子等)、又は磁歪素子等が使用される。また、駆動素子63A、63Bの伸縮は分割鏡筒58の外側面に固定されたドライバ64によって制御され、駆動素子63C、63Dの伸縮は分割鏡筒59の外側面に固定されたドライバ65によって制御される。

この際に、各駆動素子63A～63Dにはそれぞれ伸縮量を検出するセンサ(ロータリエンコーダ、静電容量式又は光学式のギャップセンサ等)が組み込まれており、ドライバ64、65はそれらのセンサの検出結果をフィードバックしながら、対応する駆動素子63A～63Dの駆動量を制御する。

【0062】この結果、本例では4枚のレンズL 2 ～L 5 をそれぞれ光軸AX方向に微動できると共に、それらのレンズL 2 ～L 5 をそれぞれ光軸AXに垂直で互いに直交する2つの軸の回りに傾斜できるように構成されている。このように光学素子としての4枚のレンズL 2 ～L 5 を駆動することによって、投影光学系4の投影倍率、ディストーション、球面収差、及びコマ収差等の結像特性を所定範囲内で制御することができる。また、図4において、結像特性制御系46からの制御情報を伝送するための配線としての信号ケーブルが、第2フレーム2Eの上面の凸部2Eaの外面のコネクタ66B、凸部2Eaの内部の信号ケーブル部67、及び凸部2Eaの

内面のコネクタ66Aを介してドライバ64, 65に接続されている。この場合、コネクタ66A, 66Bは気体の流通が起こらないように気密性の高い構造（いわゆる真空継ぎ手）とされており、その信号ケーブル部67を介して外気が投影光学系4の周囲に混入しないように構成されている。

【0063】なお、ドライバ64, 65をフィルム状カバー50の外側に配置し、駆動素子63A～63Dに接続される電力供給用の配線やセンサに接続される配線などを、図4の信号ケーブルと同様にコネクタ66A, 66Bなどを通してドライバ64, 65と接続してもよい。また、図4ではコネクタ66Aとドライバ64, 65（又は駆動素子やセンサ）との間で、信号ケーブル（又は配線）がフィルム状カバー50によって囲まれた空間を通っていたが、例えばフランジ部と各分割鏡筒にそれぞれ中空部を形成してその内部を通して信号ケーブル（配線）をドライバ（駆動素子やセンサ）などに導くように構成してもよい。即ち、フィルム状カバー50内に配置されるドライバ又は駆動素子やセンサなどと外部装置との間でケーブル又は配線などを、フランジ部及び第2フレーム2Eの少なくとも一部と分割鏡筒に形成される中空部とに通することで、信号ケーブル（配線）からの脱ガスがフィルム状カバー50内に発生するのを防止できる。更に、投影光学系4の各レンズ室に供給されるバージガスの配管（給気管48、排気管49など）も同様にその中空部内に設けるようにしてもよい。また、各フィルム状カバー1A, 1D, 50等によって囲まれる空間内に配線（信号ケーブル、電力ケーブルなど）、及び配管などが設けられる場合、上記構成に加えて、或いは単独で、それらの表面を、例えば脱ガスが少ないフッ素系の材料で覆っておくことが好ましい。

【0064】また、結像特性制御系46には、投影光学系4の周囲のフィルム状カバー50の外側の気体の圧力（大気圧）を計測する気圧計、温度計、及び湿度計等を含む環境センサ47が接続され、環境センサ47で計測される大気圧、外気の温度、及び外気の湿度等の情報が所定のサンプリング周期で結像特性制御系46に供給されている。更に、投影光学系4を通過した露光ビームILの積算エネルギーの情報も結像特性制御系46に供給されている。例えば大気圧が変動したり、投影光学系4を通過した積算エネルギーの量が或る値を超えた時に、投影光学系4の投影倍率等が変動する場合があるため、予め積算エネルギーと大気圧等と投影倍率等の結像特性の変動量との関係がテーブルとして結像特性制御系46内の記憶部に記憶されている。そして、大気圧の計測値が変動するか、又は積算エネルギーが所定の値を超えた場合に、結像特性制御系46は、対応する結像特性の変動量を相殺するように、ドライバ64, 65を介してレンズL2～L5を駆動する。

【0065】また、投影光学系4において、最上部のレ

10

20

30

40

ンズL1のレンズ枠、及び最下部のレンズ成分L8（副鏡M2）のレンズ枠は、密閉構造であり、それ以外のレンズや主鏡M1のレンズ枠にはそれぞれバージガスを流通させるための多数の小さい開口が形成されている。そして、バージガスの給気管48は、分割鏡筒60の側面（レンズL1の底面側）に差し込まれ、排気管49は、分割鏡筒57の側面（レンズ成分L8の上面側）に差し込まれており、給気管48から投影光学系4の内部に供給されたバージガスは、レンズL1～L7及び主鏡M1の周囲を流れて排気管49から排気されている。これによつて、投影光学系4の内部のバージガスの純度は高く維持されている。

【0066】次に、図4において、駆動素子63A～63D、及びドライバ64, 65が本発明の「内部の光学素子（レンズ系）の状態を制御する制御機構」に対応しており、この制御機構及び投影光学系4を覆うように、ベース部材21と第2フレーム2Eとの間に被覆部材としての円筒状のフィルム状カバー50が設置されている。そして、フィルム状カバー50の上端部は、リング状の支持部材51Aの底面と押さえ板52Aとの間にOリング53を介して挟み込まれ、押さえ板52Aは支持部材51Aにボルト56で固定されている。また、支持部材51Aの上面のリング状の凹部にはほぼ中間の深さまで水よりも粘性の高い液体54が注入されており、ベース部材21の底面に固定された板状部材としてのリング状のエッジ部材55Aが液体54に完全に浸された状態で、支持部材51Aがボルト56によってベース部材21の底面に固定されている。支持部材51A（凹部）、液体54、エッジ部材55Aによって液体シール機構が形成されており、この液体シール機構によってフィルム状カバー50の上端部とベース部材21の底面との間の隙間から外気が混入しないように構成されている。

【0067】また、フィルム状カバー50の下端部は、リング状の支持部材51Bの上面と押さえ板52Bとの間にOリング53を介して挟み込まれ、押さえ板52Bは支持部材51Bにボルト56で固定されている。また、第2フレーム2Eの上面の凸部2Eaの上面のリング状の凹部にはほぼ中間の深さまで液体54が注入されており、支持部材51Bの底面に固定されたリング状のエッジ部材55Bが液体54に完全に浸された状態で、支持部材51Bがボルト56によって凸部2Eaの上面に固定されている。凸部2Ea（凹部）、液体54、エッジ部材55Bによって液体シール機構が形成されており、この液体シール機構によってフィルム状カバー50の下端部と凸部2Eaの上面との間の隙間から外気が混入しないように構成されている。

【0068】この場合、水よりも粘性の高い液体54として、本例ではフッ素系の粘性流体が使用されている。そのように粘性の高い液体54を使用して液体シール機構を構成することによって、フィルム状カバー50の内

部と外部との気圧差が或る程度大きくなつても、外気が内部に混入する事なく、フィルム状カバー50の内側、ひいては投影光学系4の内部のバージガスの純度が常に高く維持される。

【0069】上記の実施の形態で用いる粘性が高い液体54として、例えばダイキン工業製の「デムナム」(商品名)、又はNOKスクリューバ製の「バリエルタ」(商品名)などを用いることが可能である。更に、その粘性が高い液体54は、アウトガス(例えば炭化物などの有機物質など)の発生が抑制された物質であることが望ましい。具体的に、その液体は、窒素雰囲気中で、約

10 10mgの液体を60℃で10分間加熱したときに発生するアウトガスの量が、トルエン換算値で150μg/m<sup>3</sup>以下であることが望ましい。更に、その液体を上記の実施の形態のように露光装置本体内などで使用する場合には、上記の条件下でのアウトガスの発生量がトルエン換算値で100μg/m<sup>3</sup>以下、好ましくは50μg/m<sup>3</sup>以下であるとよい。なお、その液体として上記の「デムナム」を使用した場合のアウトガスの発生量は40μg/m<sup>3</sup>程度であり、アウトガスによる照明光学系や投影光学系の光学特性の変動や照度分布のむらの発生などが大幅に抑制される。

【0070】更に、例えば制御機構の一部であるドライバ64、65のメンテナンスを行うために、フィルム状カバー50を第2フレーム2E側に降ろしたい場合は、支持部材51Aのボルト56を外すだけでよい。この状態で、支持部材51Aを下げるとき、ベース部材21の底面のエッジ部材55Aから支持部材51Aの凹部の液体54が離れて、支持部材51Aはそのまま降下させることができる。

【0071】図5は、図4においてフィルム状カバー50の上端部の支持部材51Aを降下させた状態を示し、この図5に示すようにフィルム状カバー50を第2フレーム2E側に引き下ろすことによって、オペレータはドライバ64、65に触れることができるようになるため、ドライバ64、65のメンテナンスを容易に、かつ迅速に行うことができる。そして、メンテナンスが終わったときには、支持部材51Aを引き上げて、図4に示すように、液体54にエッジ部材55Aが浸された状態で、支持部材51Aをボルト56によってベース部材21の底面に固定するだけで、高い気密性が得られる。即ち、液体シール機構の採用によって、高い気密性が得られると共に、必要に応じてフィルム状カバー50を迅速に取り外すことができる。なお、本例ではフィルム状カバー50に液体シール機構を採用するものとしたが、他のフィルム状カバー1A、1D、18A、18B等の少なくとも一端に液体シール機構を設けてよい。この場合、フィルム状カバー1A等が固定される部材(サブチャンバ、フレーム、インターフェイス・コラム、アライメント系或いは干渉計などが取り付けられるコラムな

ど)を取り出してその調整を簡単に行うことが可能となる。

【0072】また、図4のOリング(オーリング)53、62の材料としては、約240℃の温度で24時間程度、2次加硫が施されたフッ素ゴムが使用されている。この際に、Oリング62が設置される分割鏡筒57～60間の組立の作業性、及びOリング53が設置される支持部材51A、51Bと押さえ板52A、52Bとの間の組立の作業性を向上させるためには、Oリングの「漬し代」を多くすることが望ましい。そのためには、例えばOリング53、62を中空状としてもよい。

【0073】そのように2次加硫が施されたフッ素ゴムを用いるのは、元来ケミカルクリーンな素材であるフッ素ゴムが、2次加硫中に不純物が除去され、脱ガスが一層少ないと同時に化学的にクリーンな素材となるためである。具体的に、その2次加硫が施されたフッ素ゴムとしては、デュポン社製のバイトン、又はカルレット(これらはデュポンの商標、又は登録商標である)を使用できる。また、Oリング53、62として、その表面にケミカルクリーン処理、例えばその表面にフッ素系の樹脂コーティング等が施された樹脂性のリングを用いてもよい。

【0074】また、例えば投影光学系4の分割鏡筒57～60の内表面には、例えばフッ素系の樹脂をコーティングしたり、プラズマ溶射により脱ガスの少ない硬い膜(セラミックス膜やステンレス膜等)を形成したりすることによって、ケミカルクリーン処理が施されている。なお、これらの鏡筒そのものの素材として、ステンレス或いはテフロン(登録商標)等のケミカルクリーンな素材を使用してもよい。

【0075】なお、フィルム状カバー1A～18B、50の形成に使用するフィルム素材1cの材料は、本例のエチレン・ビニル・アルコール樹脂に限られるものではなく、ポリアミド(polyamide)、ポリイミド(polyimide)、又はポリエステル(polyester)等のように气体に対する遮断性が良好で可撓性を有する材料であればよい。この際に、ガスバリヤ性が最も良好である点ではエチレン・ビニル・アルコール樹脂が最も望ましく、価格的に安く経済的である点ではポリエステルが最も望ましく、コストパフォーマンスに優れているという観点からはポリアミド又はポリイミドが望ましい。

【0076】また、フィルム状カバー1A～18B、50の内面に保護膜1dとしてコーティングする素材は、本例のアルミニウムに限られるものではなく、他の金属、又はセラミックス等の無機物のように真空紫外光等の露光ビームに対する反応性が低く脱ガスの少ない材料であればよい。更に、保護膜1dとしては、ポリエチレンの他にポリプロピレン等を使用することができる。

【0077】更に、例えば気密室(サブチャンバ3等)の内部と外気との気圧差をより小さくして使用する場合

には、フィルム素材1c及び安定化膜1bのみからフィルム状カバー1A～18B, 50を形成してもよく、例えば脱ガスの発生量が少ない場合には、フィルム素材1cのみからフィルム状カバー1A～18B, 50を形成するようにしてもよい。

【0078】また、フィルム状カバー1A～18B, 50の設置数及び設置箇所は本例の構成に限られるものではなく、露光ビームの光路を密封するように、又はその光路に通じる部分（レチクルローダ系RRDの設置部等）を密閉するようにフィルム状カバーが設置されればよい。例えば各ステージ系をカウンタバランスを用いて運動量保存則を満たすように駆動する場合に、そのカウンタバランスとステージ系の可動ステージとの間に空間にフィルム状カバーを設置するようにしてもよい。

【0079】なお、本発明が適用される露光装置の構成は図1に限られるものではなく任意でよい。例えば図1の構成のようにウエハステージ系WSTが設置されるウエハベース22を防振部材25A, 25Bを介してベース部材2Cの上に配置するのではなく、即ち投影光学系4（投影系）に対してウエハステージ系WSTを別置きするのではなく、投影光学系4が装着されている第2フレーム2Eにウエハベース22を一体的に取り付けた構成の露光装置にも本発明を適用することができる。この場合には、例えば第2フレーム2Eに対してウエハベース22が吊り下げられるような形で取り付けられるが、これによって、投影光学系4とウエハWとの位置関係の変動量が低く抑えられる。

【0080】また、上記の実施の形態は、本発明をステップ・アンド・スキャン方式よりなる走査露光型の投影露光装置に適用したものであるが、本発明は他の方式の走査露光型の露光装置、ステッパー等の一括露光型の投影露光装置、ステップ・アンド・スティッチ方式の投影露光装置にも適用することができる。更に本発明は、投影光学系を使用しないプロキシミティ方式の露光装置等にも適用できることは明らかである。

【0081】また、露光ビームとして、例えばDFB半導体レーザやファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザを、例えばエルビウム(Er)（又はエルビウムとイッテルビウム(Yb)との両方）がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いる場合にも本発明が適用される。

【0082】具体的には、单一波長レーザの発振波長を1.51～1.59μmの範囲内とすると、発生波長が1.89～1.99nmの範囲内である8倍高調波、又は発生波長が1.51～1.59nmの範囲内である10倍高調波が出力される。特に発振波長を1.544～1.553μmの範囲内とすると、1.93～1.94nmの範囲内の8倍高調波、即ちArFエキシマレーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を1.57～1.5

8μmの範囲内とすると、157～158nmの範囲内の10倍高調波、即ちF<sub>2</sub>レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

【0083】また、上記の実施の形態の照明光学系及び投影光学系は、各光学部材を所定の位置関係で配置して調整を行った後、それぞれ対応するフレーム等に設置することによって組み上げられる。そして、この組立調整と共に、レチクルステージ系RST、ウエハステージ系WST、及び給排気機構13等の組立及び調整を行い、各構成要素を、電気的、機械的又は光学的に連結することによって上記の実施の形態の投影露光装置が組み上げられる。この場合の作業は温度管理が行われたクリーンルーム内で行なうことが望ましい。

【0084】そして、上記の実施の形態の投影露光装置を用いてウエハ上に半導体デバイスを製造する場合、この半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、このステップに基づいたレチクルを製造するステップ、シリコン材料等からウエハを製造するステップ、上記の実施の形態の投影露光装置によりアライメントを行ってレチクルのパターン（デバイスパターン）をウエハ（ワークピース）に露光するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ポンディング工程、パッケージ工程を含む）、及び検査ステップ等を経て製造される。なお、本発明は上述の各実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

#### 【0085】

【発明の効果】本発明によれば、可撓性を有する被覆部材の少なくとも一方の端部を液体（液体シール機構）を用いて封止しているため、気密性とメンテナンスの容易性とを両立できる利点がある。即ち、露光時には、露光光の光路に高純度のバージガスを供給できると共に、ステージ系等を駆動する際に発生する振動の影響を低減し、高精度な露光を行うことができる。更に、その液体シール機構は容易に分離できるため、気密室としての投影系等のメンテナンスを容易に行なうことができる。

【0086】また、投影系を複数の分割鏡筒より構成し、複数の分割鏡筒の境界部を不純物の発生を抑えたOリングによって封止した場合にも、気密性とメンテナンスの容易性とを両立できる利点がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態の一例の投影露光装置を示す一部を切り欠いた概略構成図である。

【図2】 図1のフィルム状カバー1Aを示す斜視図である。

【図3】 図1のフィルム状カバー1A, 50を厚さ方向に拡大して示す横断面図である。

【図4】 図1の投影光学系4及びこの周囲の機構を示す断面図である。

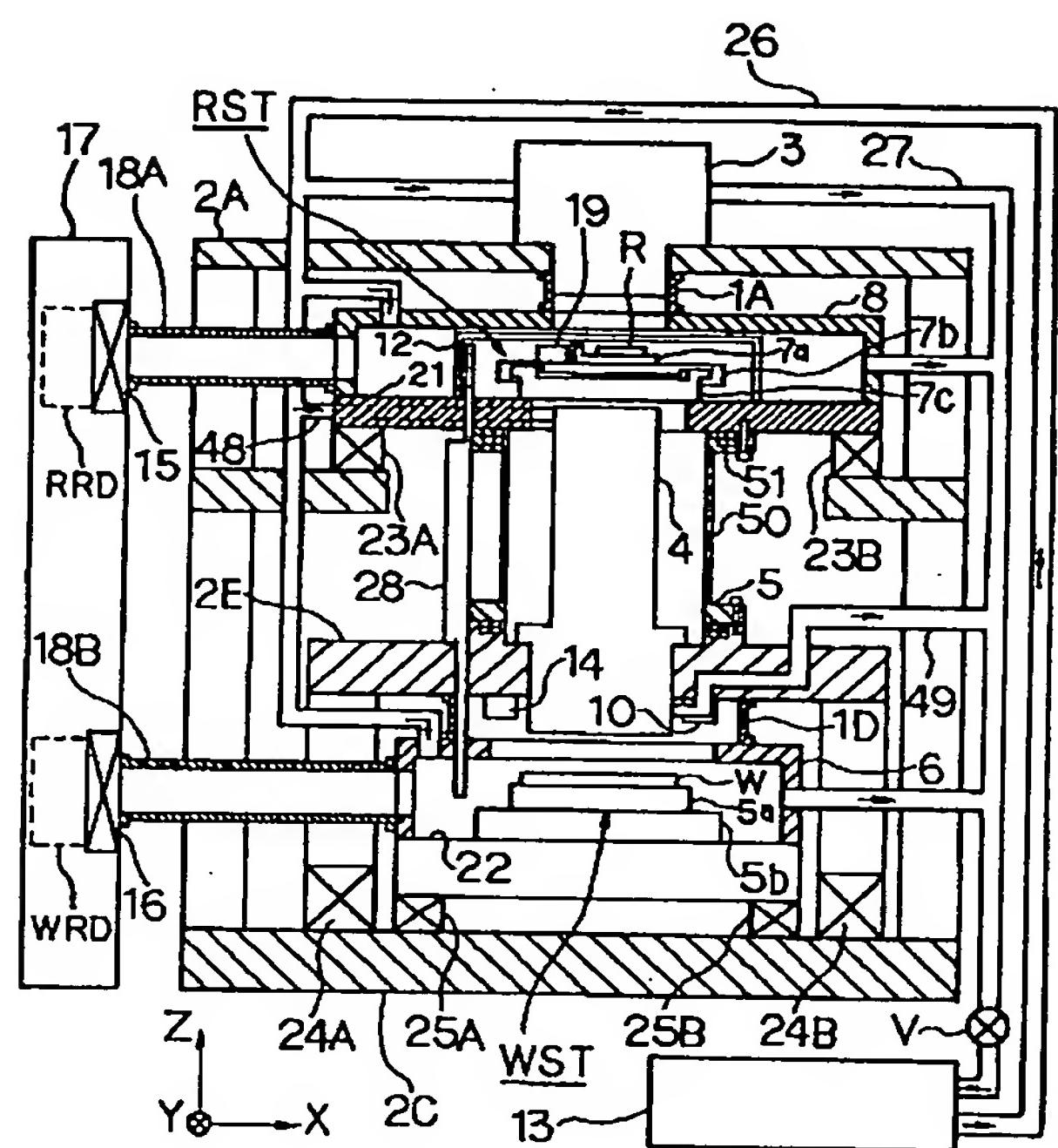
【図5】 図4において、フィルム状カバー50の上端

部を引き下げた状態を示す正面図である。

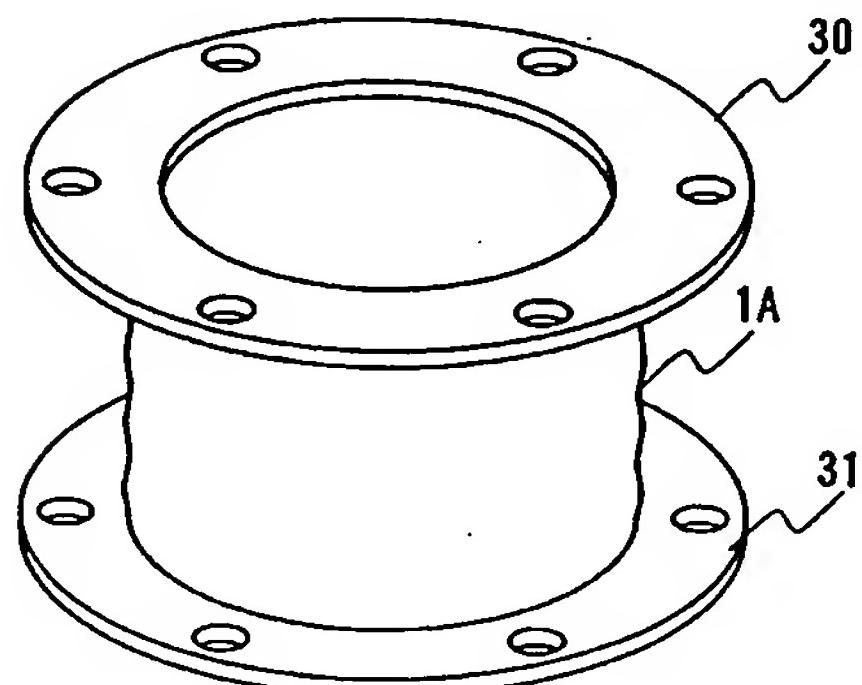
【符号の説明】

R…レチクル、RST…レチクルステージ系、W…ウェハ、WST…ウェハステージ系、1A, 1D, 18A, 18B, 50…フィルム状カバー、2A, 2E…フレーム、3, 6, 8…サブチャンバ、4…投影光学系、10…オートフォーカスセンサ、12…レチクルアライメン

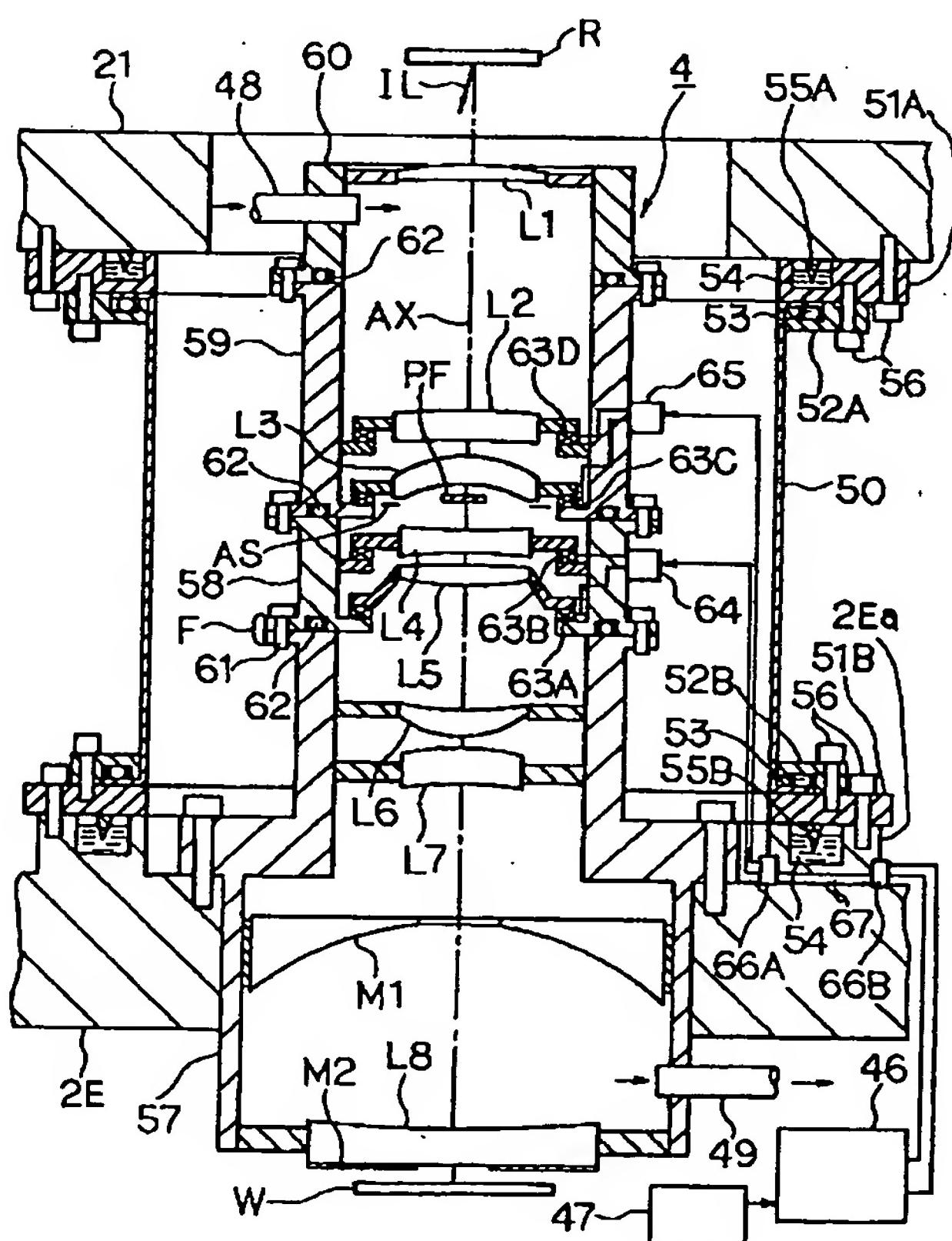
【図1】



【図2】



【図4】



【図5】

